

# 휴대폰용 2인치 LCD-BLU의 광특성에 미치는 광학패턴 세장비의 영향 연구 : II. 금형 및 광특성

김종선<sup>1,#</sup>, 고영배<sup>1</sup>, 유재원<sup>1,2</sup>, 민인기<sup>1,2</sup>, 황철진<sup>1</sup>, 윤경환<sup>2</sup>

## A Study on the Effect of Optical Characteristics in 2 inch LCD-BLU by Aspect Ratio of Optical Pattern: II. Mold and Optical Characteristics

J. S. Kim, Y. B. Ko, J. W. Yu, I. K. Min, C. J. Hwang, and K. H. Yoon

### Abstract

LCD-BLU (Back Light Unit) is one of kernel parts of LCD unit. The fabrication method of a 3-D micro mold patterned with micro-lenses for the LGP (Light Guiding Plate), one of the most important parts of LCD-BLU, was presented. Instead of dot pattern made by etching, 3-D optical pattern design with 50  $\mu\text{m}$  micro-lens was applied in the present study. The micro-lens pattern fabricated by modified LiGA with thermal reflow process was applied to the optical design of LGP. The positive micro-lens patterned injection mold with different aspect ratios (i.e. 0.3 and 0.4) was fabricated with modified LiGA with thermal reflow process. The brightness of LCD-BLU increased as aspect ratio of micro-lens increased.

**Key Words** : BLU(Back Light Unit, 배면광), Micro-lens (마이크로렌즈), Injection Molding (사출성형), UV LIGA

### 1. 서 론

LCD(Liquid Crystal Display)는 평판 디스플레이의 한 종류로 PDP와 함께 시장을 양분하고 있다 해도 과언이 아니다. 하지만 PDP는 대형디스플레이에 주로 이용되고 있고, 이에 반해 LCD는 휴대폰용 소형 제품부터 TV에 사용되는 대형디스플레이까지 적용범위가 넓은 편이다. 이런 LCD는 액정패널, 구동회로, 그리고 BLU(Back Light Unit)의 세 가지로 구성되며 이중 BLU는 다시 Fig. 1과 같이 반사판, 도광판(LGP, Light Guide Plate), BEF(Brightness Enhancement Film), 보호시트 등으로 구성된다. 이중에서 BLU의 구성 부품 중

도광판은 선광원인 CCFL이나 점광원인 LED의 광을 면광원으로 만들어주는 역할을 한다. 기존의 도광판은 형상 자체를 경사지게 하거나 하부에 확산 광학 패턴을 인쇄하여 광을 확산시키는데 이들 제작공정의 특성상 표면이 거칠어 빛이 산란되면서 손실되는 비율이 높아 LCD-BLU의 효율을 높이는 데 한계가 있다. 또한, 광학 패턴의 크기 등 형상의 균일도 문제 때문에 광학 패턴의 정밀한 제어를 통한 고휘도의 도광판 개발이 힘들다는 사실은 아주 잘 알려져 있다. 본 연구에서 이를 개선하기 위하여 형상제어가 가능하고, 표면조도가 수 나노급인 50  $\mu\text{m}$  마이크로렌즈 광학패턴을 적용하여 고휘도 도광판을 제조하는 것을 목적으로 한다.

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀

2. 단국대학교 기계공학과

# 교신저자 : 한국생산기술연구원 정밀금형팀.

E-mail : libra74@paran.com

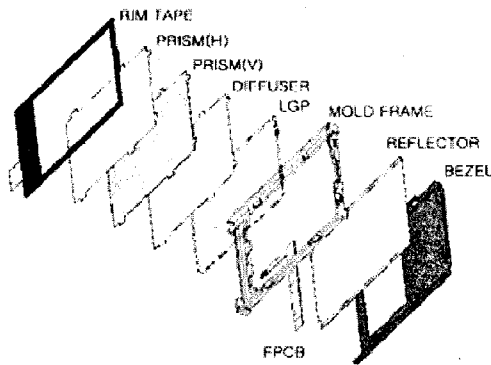


Fig. 1 Schematic diagram of LCD-BLU.

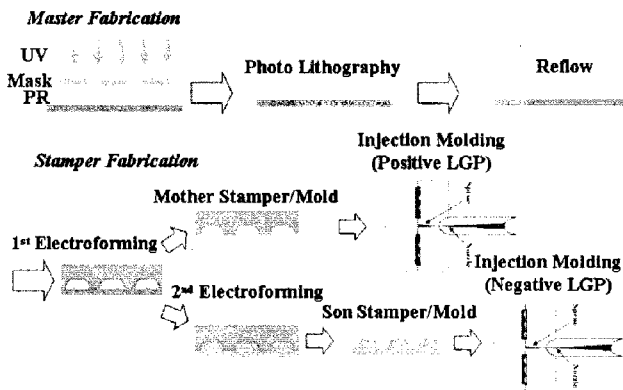


Fig. 2 Schematic diagram of LiGA-reflow process.

## 2. 마이크로 금형 가공

본 연구에서 2 인치급 도광판을 제작하기 위해 직경이 50  $\mu\text{m}$  인 반구형 마이크로렌즈 광학패턴을 적용하였고, 휘도 조절은 광학패턴의 밀도를 조절하는 방법을 사용하여 광학패턴이 설계되었다. 이와 같은 설계에 의해 본 연구에 적용한 2 인치급의 도광판에는 99,863 개의 반구형 마이크로 렌즈가 적용되었다.

도광판의 광원은 백색 LED 3 개를 사용하였고, 도광판은 0.8 mm 의 일정한 두께를 가지며, 배면에는 반사시트가 놓인다. 또한 입광부에는 피치 50  $\mu\text{m}$ , 높이 25  $\mu\text{m}$  의 프리즘 패턴이 적용되었다. 도광판 성형을 위한 사출성형에 사용된 수지는 미쯔비시사의 H3700R 로 굴절률이 1.59 인 폴리카보네이트(PC)를 사용하였다.

본 연구에서 응용된 금형 가공방법은 LiGA 공정을 변형한 LIGA-reflow 를 이용하였으며, 금형 제작공정은 (i) 식각 단계, (ii) reflow 단계, (iii) 전 주 단계 (또는 도금단계) 등의 세 단계로 구성된다.

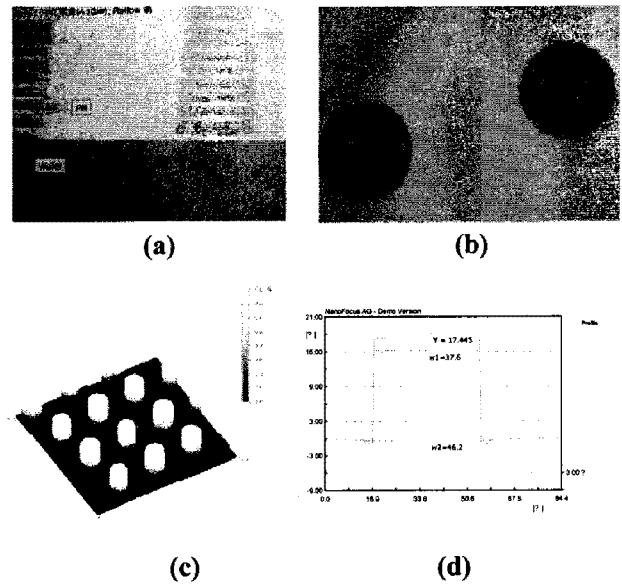


Fig. 3 The image of positive micro-lens PR pattern ((a) SEM, (b) microscope, (c), (d) 3D-profiler)

먼저 (i) 식각단계는 수  $\mu\text{m}$  에서 수백  $\mu\text{m}$  정도의 두께를 갖는 PR(photo resist)을 노광시킨 후 현상액을 이용하여 현상하여 원하는 구조물을 만드는 단계이다. 노광을 위해 UV 를 잘 투과시키는 부분과 잘 흡수하는 부분으로 되어 있는 mask 를 활용한다. 본 연구에서는 film mask 를 활용했다. 이렇게 빛에 조사된 부분과 mask 에 의해 조사되지 않은 부분의 차이에 의해 분자구조가 변한 PR 부분이 특정 화학약품에 쉽게 용해되는 특성을 이용해 현상하는 공정을 통해 Fig. 3(a)와 같은 PR 구조물을 얻는다. 또한 Fig. 3(b)는 만들어진 PR 구조물을 광학현미경을 사용하여 측정된 것이고, Fig. 3(c),3(d)는 3D-profiler 를 사용하여 측정된 결과이다. 만들어진 PR 구조물은 높이가 17.445  $\mu\text{m}$ , 지름이 46.2  $\mu\text{m}$  의 원기둥형상을 가지고 있다. (ii) 식각 단계에서 얻은 PR 형상은 reflow 공정을 위해서 주로 원기둥 모양을 가지게 되는데, 이를 유리전이 온도( $T_g$ )보다 높은 140 $^{\circ}\text{C}$  의 온도로 유지되는 오븐에 넣어 3 분 30 초 동안 reflow 를 시키면 표면장력에 의해 반구형 마이크로렌즈 형상으로 가공된다. 이러한 LIGA-reflow 공정은 다른 공정과 달리 마이크로렌즈 형상을 가공하는 간단한 방법이지만 수 나노 정도의 표면거칠기를 갖게 되는 우수한 특징을 가지고 있다. 이와 같은 LiGA-reflow 공정을 통해 반구형 마이크로렌즈가 제작되

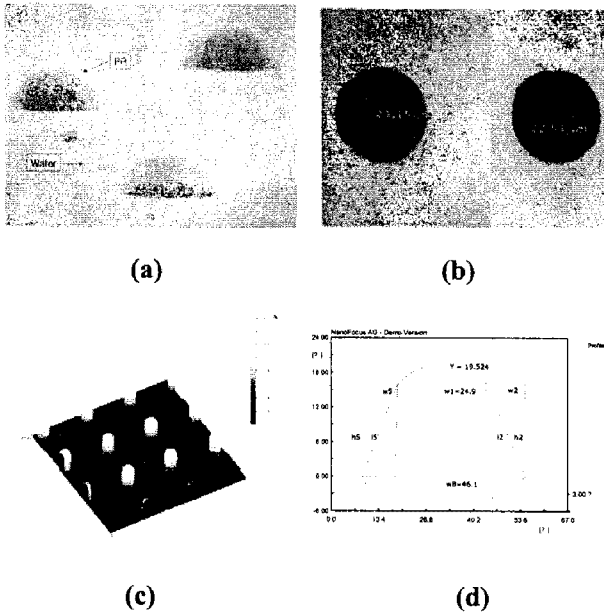


Fig. 4 Image of Positive re-flowed PR ((a) SEM, (b) microscope (c), (d) 3D-profiler).

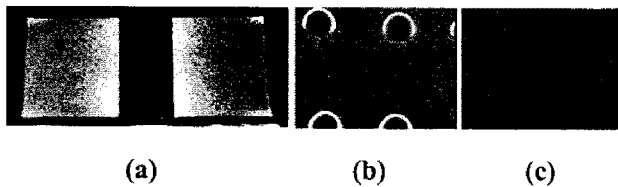


Fig. 5 Micro-lens patterned micro-mold (negative pattern mold: (a) mold, (b) SEM image, (c) 500x optical image.

며, Fig. 4 (a), (b)는 원기둥 모양의 PR 이 reflow 공정 후 반구형 마이크로렌즈형상으로 변화되는 것을 보여주기 위해 촬영한 SEM 과 광학현미경 사진이고, Fig. 4(c), (d)는 3D-profiler 를 사용하여 측정 한 결과이다. reflow 공정을 통해 만들어진 마이크로렌즈형상은 높이가 19.54  $\mu\text{m}$ , 지름이 46.1  $\mu\text{m}$  을 가지고 있다. (iii) 이와 같이 LIGA-reflow 공정을 통해 얻은 마이크로렌즈형상의 PR 구조물을 이용해 마이크로 패턴을 그대로 복제하는 초정밀 전주공정을 통해 전주된 금형 (Fig. 5)을 얻을 수 있다. 이 금형은 직경은 50  $\mu\text{m}$  이고, 높이는 각각 15 $\mu\text{m}$  와 20 $\mu\text{m}$  의 반구형 마이크로렌즈 패턴을 가지고 있어 마이크로렌즈의 높이를 직경의 비로 정의 되는 세장비(aspect ratio)가 각각 0.3 과 0.4 가 된다.



Fig. 6 Injection-molded LGP for cellular phone.

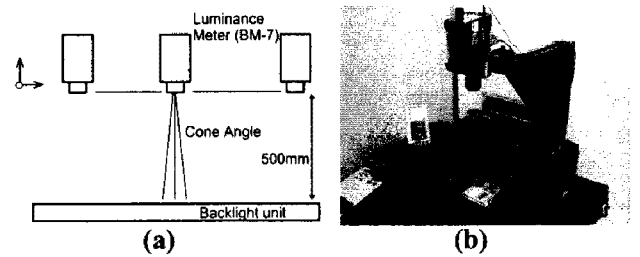


Fig. 7 Luminance measurement: (a) schematic diagram and (b) apparatus setup.

#### 4. 사출 성형품의 전광특성

LIGA-reflow process 와 초정밀 전주공정을 통해 만들어진 높이 20  $\mu\text{m}$  와 15  $\mu\text{m}$  의 반구형 마이크로렌즈 광학패턴 금형을 이용해 제품을 성형하기 위하여 사용된 사출성형기는 FANUC 사의 ROBOSHOT i 50 톤을 사용하였으며, 미세사출성형을 위한 성형조건으로는 2 인치 2-cavity 도광판 금형의 전체 충전시간을 0.4 초로, 사출속도를 금형 캐비티(cavity) 부분에서 100 mm/s 으로 설정하였다. 또한 미세패턴의 성형성에 가장 크게 영향을 미칠 것으로 예상한 사출온도(노즐부)는 315 $^{\circ}\text{C}$ , 금형온도는 110 $^{\circ}\text{C}$  로 설정하였다. 이와 같은 조건으로 사출성형을 실시하여, Fig. 6 에 도시한 2-cavity 금형으로 도광판을 사출성형했다.

사출성형된 도광판을 포함한 LCD-BLU 의 휘도는 Fig. 7(a)와 같이 spatial luminance (휘도)를 측정하였으며, 측정기로는 Fig. 7(b)에 도시한 것 같이 BM7 을 사용하였다. 또한 측정 지점은 일반적으로 많이 사용하는 9 점 평균 휘도를 사용하였으며 각 측정점의 위치는 Fig. 8 과 같다.

BM7 을 이용한 휘도 측정 결과, 반구형 마이크로렌즈의 높이가 15  $\mu\text{m}$  인 경우 9 점 평균휘도가 2859 nit, 20  $\mu\text{m}$  인 경우 3104 nit 를 얻었다.

하지만 입광부에 비해 입광부에서 먼부분이 휘도가 높은 것은 사출성형 시 금형의 게이트(gate)

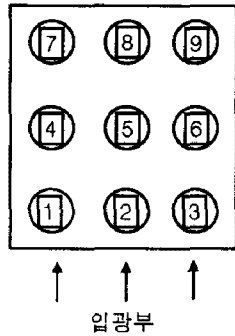


Fig. 8 Measurement locations of spatial luminance.

Table 1 Result of luminance measurement (9 points).

	Height : 15 um (nit)	Height : 20 um (nit)
1	2510	2763
2	2463	2866
3	2513	2785
4	3005	3081
5	2898	2979
6	3009	2926
7	3124	3488
8	3089	3550
9	3124	3499
Average	2859	3104

가 입광부의 반대방향에 위치해 마이크로 렌즈 광학패턴의 전사성(replicaton quality)이 떨어지기 때문이다.

## 6. 결론

반구형 마이크로 렌즈 광학패턴을 적용한 LCD-BLU의 양각 패턴의 도광판이 적용했을 때, 반구형 마이크로 렌즈의 직경과 높이의 비인 세장비가 증가할수록 평균 휘도가 증가하는 결과를 얻었다. 하지만 사출성형 공정 최적화가 이루어지지 않아 마이크로 광학 패턴의 전사성이 떨어져 휘도 균일도가 떨어지는 결과가 발생하였다. 따라

서 사출성형공정의 최적화를 통한 마이크로 렌즈 광학패턴의 전사성 확보가 요구된다.

## 후 기

본 연구는 2010 생산기반혁신기술개발사업 중 <기능성 고분자소재 성형용 마이크로 금형시스템 과제> 및 서울시의 <차세대 감성형 디지털 정보 디스플레이 혁신 클러스터 구축과제>의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자분들께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김종선, 유재원, 황철진, 고영배, 허영무, 윤경환, 2005, LIGA 마이크로렌즈패턴을 이용한 휴대폰용 도광판 제작, 2005년 정밀공학회 추계 학술대회 논문집, pp. 31-34
- [2] Moon, S., Lee, N. and Kang S., 2003, Fabrication of a microlens array using micro-compression molding with an electroformed mold insert, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol.12, pp. 98-103
- [3] Wu, M. H. and Whitesides, G. M., 2002, Fabrication of two-dimensional arrays of microlens and their applications in photolithography, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol.12, pp. 747-758.
- [4] Heckeles, M. and Schoburg, W. K., 2004, Review on micro molding of thermoplastic polymers, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol.14, pp. R1-R14
- [5] Kim D. S., Yang S. S., Lee S. K., Kwon T. H. and Lee S. S., 2003, Physical modeling and analysis of microlens formation fabrication by a modified LIGA process, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol.13, pp. 523-531
- [6] Su, Y. C., Shah, J. and Lin L., 2004, Implementation and analysis of polymeric microstructure replication by micro injection molding, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol.14, pp. 415-422